

POTENSI DEBIT AIR TANAH DI SUMUR CURAH COTOK DESA PANJI KIDUL KEC. PANJI KAB. SITUBONDO

Moh. Abduh

Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Malang

Kontak Person:

Moh. Abduh

Universitas Muhammadiyah Malang

E-mail: abduh@umm.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkiraan potensi debit air tanah dan debit optimum yang tersedia dan dapat dieksploitasi di Curah Coto, Panji Kidul Kec. Panji Situbondo. Metode analisis yang digunakan adalah metode Pumping Test Long Period Test, dengan uji sumur dan uji akuifer. Hasil analisis tampilan akuifer (*Performance aquifer test*) dari sumur uji diperoleh sumur dengan aliran tunak (*steady state flow*). Berdasarkan uji sumur (*well test*) dan uji akuifer (*aquifer test*), potensi air tanah (Q_p) di Curah Coto, Panji Kidul Kec. Panji Situbondo adalah 28,94 ltr/detik atau sebesar 2500,42 m³/hari. Debit optimum (Q_{opt}) yang tersedia adalah 20,544 ltr/detik atau sebesar 1775,00 m³/hari, sedangkan debit pengambilan atau debit operasi sumur yang operasi (Q_{op}) adalah 15,00 ltr/dt atau sebesar 1296,00 m³/hari. Pengaruh pengambilan air tanah yang berlebihan akan menyebabkan penurunan permukaan air tanah dan berakibat buruk terhadap kondisi ketersediaan air. Pengendalian pengelolaan air tanah dan konservasinya dapat dilakukan dengan menjaga kelestarian lingkungan dan mengendalikan eksplorasi air tanah serta pembuatan sumur-sumur resapan dan menentukan jarak minimum ($2R$) antar titik sumur dan debit pemompaan tidak melebihi debit optimum yang tersedia. Dengan langkah-langkah pengelolaan tersebut diharapkan perubahan atau penurunan permukaan air tanah akibat pemompaan tidak melebihi titik batas yang seharusnya.

Kata kunci: Potensi air tanah, Debit optimum, Pumping Test.

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk di Kabupaten Situbondo setiap tahun mengalami kenaikan, seiring laju pertumbuhan penduduk tersebut, secara otomatis terjadi peningkatan pengguna air bersih untuk pemenuhan kehidupan sehari-hari. Semakin meningkat kebutuhan air bersih, maka semakin tinggi upaya yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air bersih tersebut baik oleh masyarakat secara pribadi maupun pemerintah daerah dalam hal ini oleh pihak PDAM Kabupaten Situbondo. Dalam usaha memenuhi kebutuhan air tersebut maka akan terjadi pula peningkatan eksploitasi air tanah dan air permukaan baik air tanah dangkal maupun air tanah dalam. Bila hal ini terjadi dan pergerakannya tidak diimbangi dengan langkah-langkah konservasi maka akan berakibat fatal dan dapat mengakibatkan kelangkaan air tanah dalam waktu yang lama, dan akibat eksploitasi air tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan tanah (*land subsidence*).

Dengan bertambahnya jumlah penduduk suatu daerah maka akan berpengaruh pula terhadap perubahan tata guna lahan daerah tersebut, sehingga pengalihan fungsi lahan dari kawasan penyangga menjadi daerah perumahan atau pemukiman akan terjadi. Sudah seharusnya daerah penyangga tetap terjaga sebagai lahan imbuhan sumber daya air. Sebagai salah satu sebab terjadinya pengalihan lahan dari pertanian/lahan hijau menjadi lahan perumahan atau pemukiman, maka perlu penanganan yang serius terhadap perubahan tersebut agar dapat meminimalkan kemungkinan akibat yang ditimbulkan.

Salah satu dampak yang selalu terjadi akibat tidak terjaganya kawasan penyangga/konservasi adalah habisnya cadangan air tanah dan jumlah debit limpasan permukaan yang ditimbulkan semakin besar yang memberikan pengaruh terhadap bahaya banjir dan genangan yang terjadi pada lingkungan sekitar [1].

2. Metode Penelitian

2.1 Umum

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis produksi sumur bor berdasarkan *pumping test* metode *Long Period Test* dan analisis aliran air tanah berdasarkan litologi sumur, pengaruh pemompaan serta analisis dan teori konservasi air tanah. Kajian ini dilakukan sesuai dengan tingkat kebutuhan dan kegunaan untuk proses analisis data dan sampel yang ditinjau.

Berdasarkan data lapangan yang diperoleh, tahapan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data sekunder yang meliputi beberapa hal yaitu :
 - a. Data topographi dan administrasi
 - b. Data lokasi sumur dalam yang ada di wilayah studi.
 - c. Data proses pelaksanaan pengeboran atau data proses pengeboran.
 - d. Data geologi log atau bor log.
 - e. Data pelaksanaan uji *pumping test*
 - f. Data konstruksi sumur dalam
 - g. Debit pemompaan sumur dalam
2. Analisis data [2-9] :
 - a. Uji sumur (*well test*) terkait dengan trend penurunan muka air tanah, kapasitas jenis sumur, kondisi sumur dan kelas sumur, debit dan penurunan optimum.
 - b. Perhitungan jari-jari pengaruh pemompaan berdasarkan debit operasi yang ada.
 - c. Uji akuifer (*Aquifer test*) yang terkait dengan nilai-nilai Transmisivitas (T), Storativity (Sr), Permeabilitas (K), penurunan muka air tanah akibat pemompaan (*cone depression*) berdasarkan metode-metode yang sesuai karakteristik data.
 - d. Implementasi borlog sumur terhadap litologi air tanah di wilayah studi
 - e. Implementasi jari-jari pengaruh pemompaan terhadap topographi wilayah studi.
 - f. Langkah-langkah mendasar yang harus dilakukan sebagai bagian dari upaya konservasi air tanah tersebut.

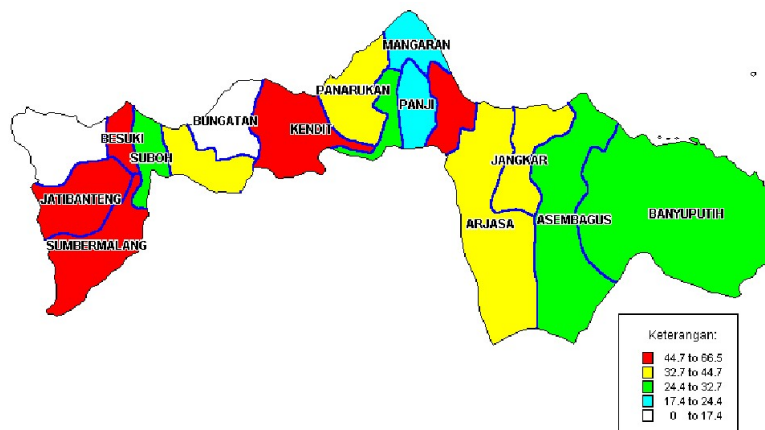
2.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kecamatan Panji Kabupaten Situbondo. Lokasi penelitian merupakan daerah yang penggunaan air tanahnya untuk air bersih terus mengalami peningkatan, di samping tata guna lahannya terus berubah seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan meningkatnya kebutuhan air bersih.

2.2.1 Geografi Wilayah Penelitian

Secara geografis Kabupaten Situbondo terletak antara 113°30'-114°42' Bujur Timur dan antara 7°35'-7°44' Lintang Selatan dengan temperatur tahunan 24,7°C–27,9°C. Daerah fisiknya memanjang dari Barat ke Timur sepanjang Pantai Selat Madura ± 158 Km dengan lebar rata-rata ± 11 Km. Batas Wilayah Kabupaten Situbondo sebelah barat adalah Kabupaten Probolinggo, sebelah utara Selat Madura, sebelah timur Selat Bali, sebelah selatan Kabupaten Bondowoso dan Kabupaten Banyuwangi. Kabupaten Situbondo memiliki wilayah seluas 1.638,50 Km² dan secara administrasi terbagi menjadi 17 Kecamatan, 132 Desa, 4 Kelurahan, 660 Dusun (BPS Kabupaten Situbondo, 2015).

Pada tahun 2015 penduduk Situbondo berjumlah 669.713 jiwa. Luas wilayah 1.638,50 km², dengan kepadatan penduduk pada tahun 2015 sebesar 487 jiwa/km². Kecamatan Besuki merupakan Kecamatan dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi sebesar 2.837 jiwa/km², selanjutnya adalah Kecamatan Panji dengan tingkat kepadatan penduduk 2.341 jiwa/km² dan Kecamatan Situbondo dengan tingkat kepadatan penduduk 2.045 jiwa/km². Sedangkan tingkat kepadatan penduduk terendah berada di Kecamatan Banyuputih yaitu 144 jiwa/km² (Gambar 1 dan Tabel 1).



Gambar 1 Peta wilayah Kabupaten Situbondo

Tabel 1 Luas wilayah menurut kecamatan di Kabupaten Situbondo, 2016

| No. | Kecamatan | Luas (km ²) | Persentase (%) |
|-----------|--------------|-------------------------|----------------|
| 1 | Sumbermalang | 129,27 | 7.9 |
| 2 | Jatibanteng | 66.08 | 4.03 |
| 3 | Banyuglugur | 72.66 | 4.43 |
| 4 | Besuki | 26.41 | 1.61 |
| 5 | Suboh | 30.84 | 1.88 |
| 6 | Mlandingan | 39.61 | 2.42 |
| 7 | Bungatan | 66.07 | 4.03 |
| 8 | Kendit | 114.14 | 6.97 |
| 9 | Panarukan | 54.38 | 3.32 |
| 10 | Situbondo | 27.81 | 1.7 |
| 11 | Mangaran | 46.99 | 2.87 |
| 12 | Panji | 35.7 | 2.18 |
| 13 | Kapongan | 44.55 | 2.72 |
| 14 | Arjasa | 216.38 | 13.21 |
| 15 | Jangkar | 67 | 4.09 |
| 16 | Asembagus | 118.74 | 7.25 |
| 17 | Bayuputih | 481.67 | 29.4 |
| Situbondo | | 1 638.50 | 100 |

Sumber: BPN Kabupaten Situbondo

2.2.2 Pertumbuhan Penduduk

Dalam kurun waktu 2 tahun dari tahun 2015 sampai tahun 2016, jumlah penduduk Kabupaten Situbondo tidak mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Pada tahun 2015, penduduk Kabupaten Situbondo berjumlah 669.713 jiwa, dan menjadi 673.282 jiwa pada tahun 2016. Dengan pertumbuhan penduduk rata-rata adalah 0,533%.

Dari jumlah tersebut populasi penduduk tertinggi berada di Kecamatan Panji dengan jumlah penduduk sebanyak 72.507 jiwa dengan luas wilayah 35,70 km².

2.2.3 Sebaran dan Kepadatan Penduduk

Seperti uraian di atas, kondisi pusat kota umumnya memiliki hunian yang relatif lebih padat dibanding kota-kota di sekelilingnya. Jumlah penduduk dengan sebaran terpadat secara berurutan adalah sebagai berikut; Kecamatan Panji memiliki hunian dengan jumlah penduduk terpadat kemudian disusul oleh Kecamatan Besuki, Kecamatan Banyuputih, Kecamatan Panarukan, Kecamatan Situbondo, Kecamatan Asembagus dan jumlah kepadatan terendah berada di Kecamatan Jatibanteng. Sedangkan tingkat sebaran tertinggi ada di Kecamatan Besuki dengan jumlah sebaran sebanyak 2448 jiwa tiap km². Secara singkat sebaran penduduk diuraikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Luas wilayah dan jumlah penduduk

| No. | Kecamatan | Luas (Km ²) | Penduduk | |
|-------|--------------|-------------------------|----------|---------|
| | | | Jumlah | Sebaran |
| 1 | Sumbermalang | 129.27 | 26408 | 204.29 |
| 2 | Jatibanteng | 66.08 | 22206 | 336.05 |
| 3 | Banyuglugur | 72.66 | 23628 | 325.19 |
| 4 | Besuki | 26.41 | 64655 | 2448.13 |
| 5 | Suboh | 30.84 | 27144 | 880.16 |
| 6 | Mlandingan | 39.61 | 22425 | 566.14 |
| 7 | Bungatan | 66.07 | 25271 | 382.49 |
| 8 | Kendit | 114.14 | 28566 | 250.27 |
| 9 | Panarukan | 54.38 | 56322 | 1035.71 |
| 10 | Situbondo | 27.81 | 48073 | 1728.62 |
| 11 | Mangaran | 46.99 | 33075 | 703.87 |
| 12 | Panji | 35.7 | 72507 | 2031.01 |
| 13 | Kapongan | 44.55 | 38417 | 862.33 |
| 14 | Arjasa | 216.38 | 40685 | 188.03 |
| 15 | Jangkar | 67 | 37121 | 554.04 |
| 16 | Asembagus | 118.74 | 48003 | 404.27 |
| 17 | Bayuputih | 481.67 | 58776 | 122.03 |
| Total | | 1638.3 | 673282 | 766.04 |

Sumber: BPS Kabupaten Situbondo (diolah)

2.2.4 Kebutuhan Air Bersih

Berdasarkan data PDAM Kabupaten Situbondo, kebutuhan air bersih Kabupaten Situbondo dipenuhi oleh PDAM Tirta Baluran Kabupaten Situbondo. Pengelolaan air bersih Kabupaten Situbondo sebagian besar sumbernya berasal dari pengeboran air tanah di wilayah tersebut.

Jumlah penduduk Kabupaten Situbondo menurut data tahun 2016 (Tabel 3) berjumlah 673.282 jiwa, sedangkan air minum yang diproduksi oleh PDAM Tirta Baluran Situbondo sebesar 175 ltr/dtk atau 15120 m³/hari.

Tabel 3 Kebutuhan air bersih Kabupaten Situbondo

| Jumlah Penduduk (jiwa) | Kapasitas Produksi | | Keb. Ideal (lt/hari/org) | Keb.Total (litr/hari) | Terpenuhi (%) |
|---------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------|
| | litr/ hari | m ³ /har i | | | |
| 673 282 | 15 120 000 | 15 120 | 135 | 90 893 070 | 13.31 |

Sumber : PDAM Tirta Baluran Kabupaten Situbondo diolah, 2018.

Berdasarkan data tersebut di atas, pemenuhan kebutuhan air bersih Kabupaten Situbondo masih sebatas air bersih untuk sebagian kecil penduduk yang dipenuhi oleh PDAM, sedangkan kebutuhan air bersih sebagian besar penduduk belum terpenuhi sehingga diperkirakan melakukan eksploitasi air tanah dangkal dan mungkin juga air tanah dalam secara mandiri tanpa dapat dikontrol. Dengan demikian pengaruh penggunaan air bersih di Kabupaten Situbondo harus dikaji lebih mendalam termasuk kebutuhan air industri dan kebutuhan air penduduk di perumahan-perumahan yang tidak menjadi pelanggan PDAM. Jika hal ini dapat di definisikan secara detail maka kita akan dapat mengetahui seberapa besar pemanfaatan air bersih di Kabupaten Situbondo secara keseluruhan baik air bersih maupun air untuk industri yang tersebar di seluruh Kabupaten Situbondo termasuk pengaruhnya terhadap ketersediaan air tanah untuk jangka panjang.

2.3 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan metode yang sistematis dan standar dalam memperoleh data yang akan diperlukan dalam penelitian ini, selalu ada hubungan antara metode pengumpulan data dengan masalah penelitian yang ingin dipecahkan.

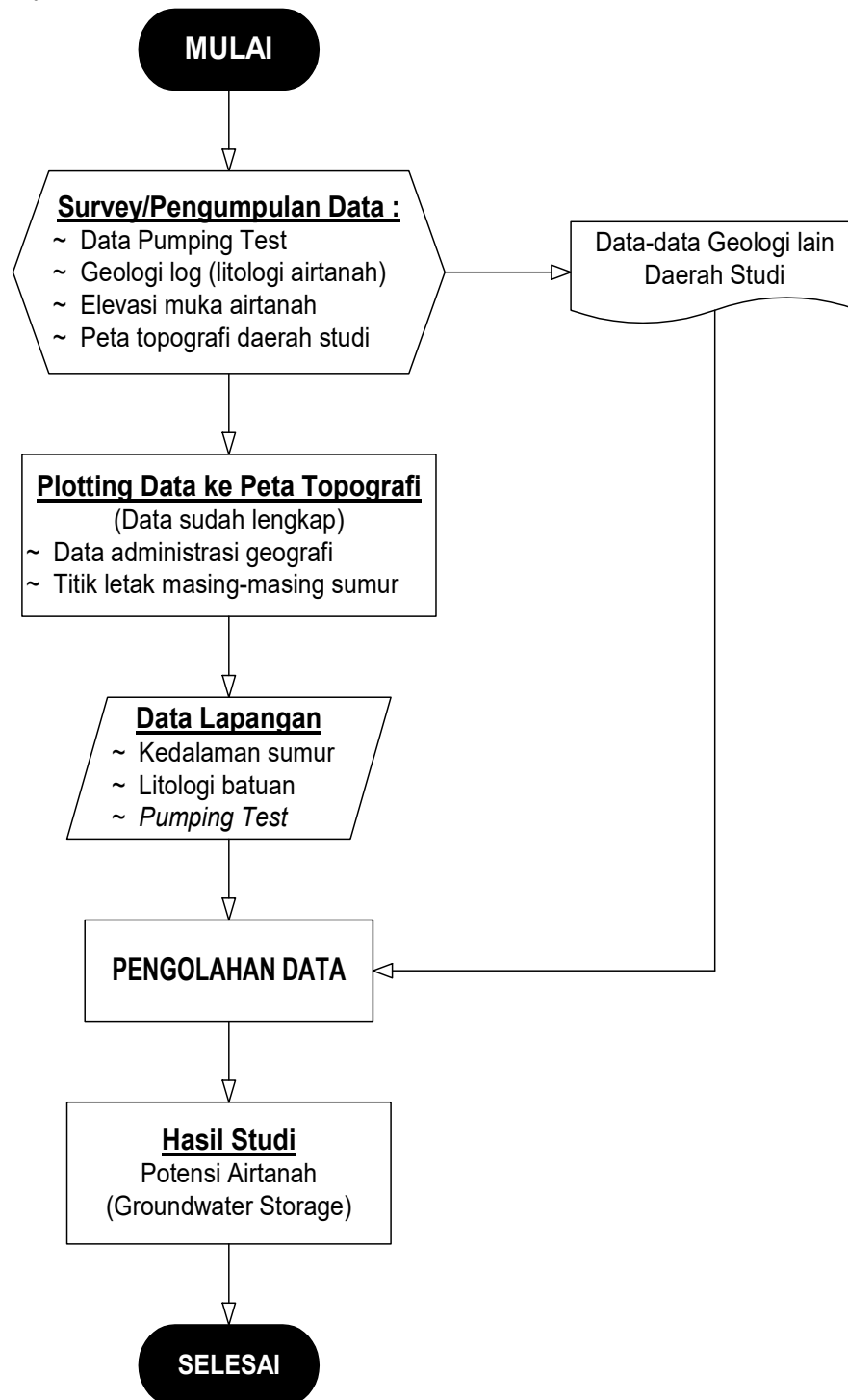
Menurut Sugiyono, (2002) metode pengumpulan data yang umum digunakan dalam suatu penelitian adalah wawancara, kuesioner dan observasi. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah secara observasi, dan data yang digunakan adalah data sekunder berupa data hasil pengeboran sumur Curah Coto Panji Kidul Kec. Panji Situbondo.

2.4 Teknik Analisis Data

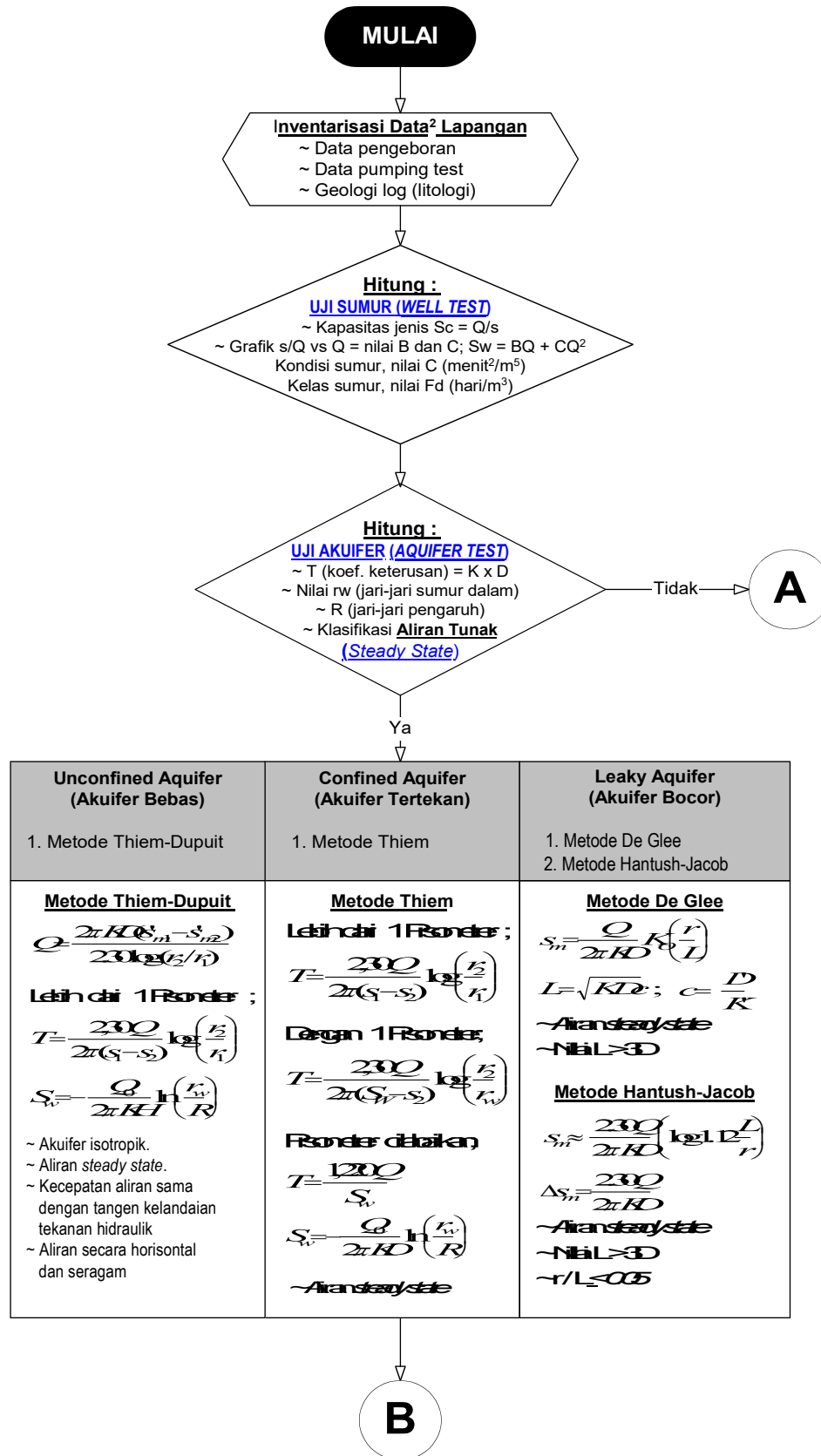
2.4.1 Analisis *Pumping Test (Step drawdown test)*

Untuk menentukan konsistensi dan optimalisasi dari sebuah sumur bor serta menentukan parameter-parameter terkait, maka koefisien keterusan, kapasitas jenis, koefisien daya simpan dan analisis geologi-log sangat diperlukan. Metode-metode yang mendukung perhitungan dan analisis tersebut adalah seperti diuraikan dalam *flowchart-flowchart* di bawah. Metode-metode ini digunakan untuk mengetahui secara rinci perilaku air tanah akibat pemompaan, baik penurunan, pengisian kembali dan pengaruhnya terhadap elevasi air tanah (Gambar 2-5).

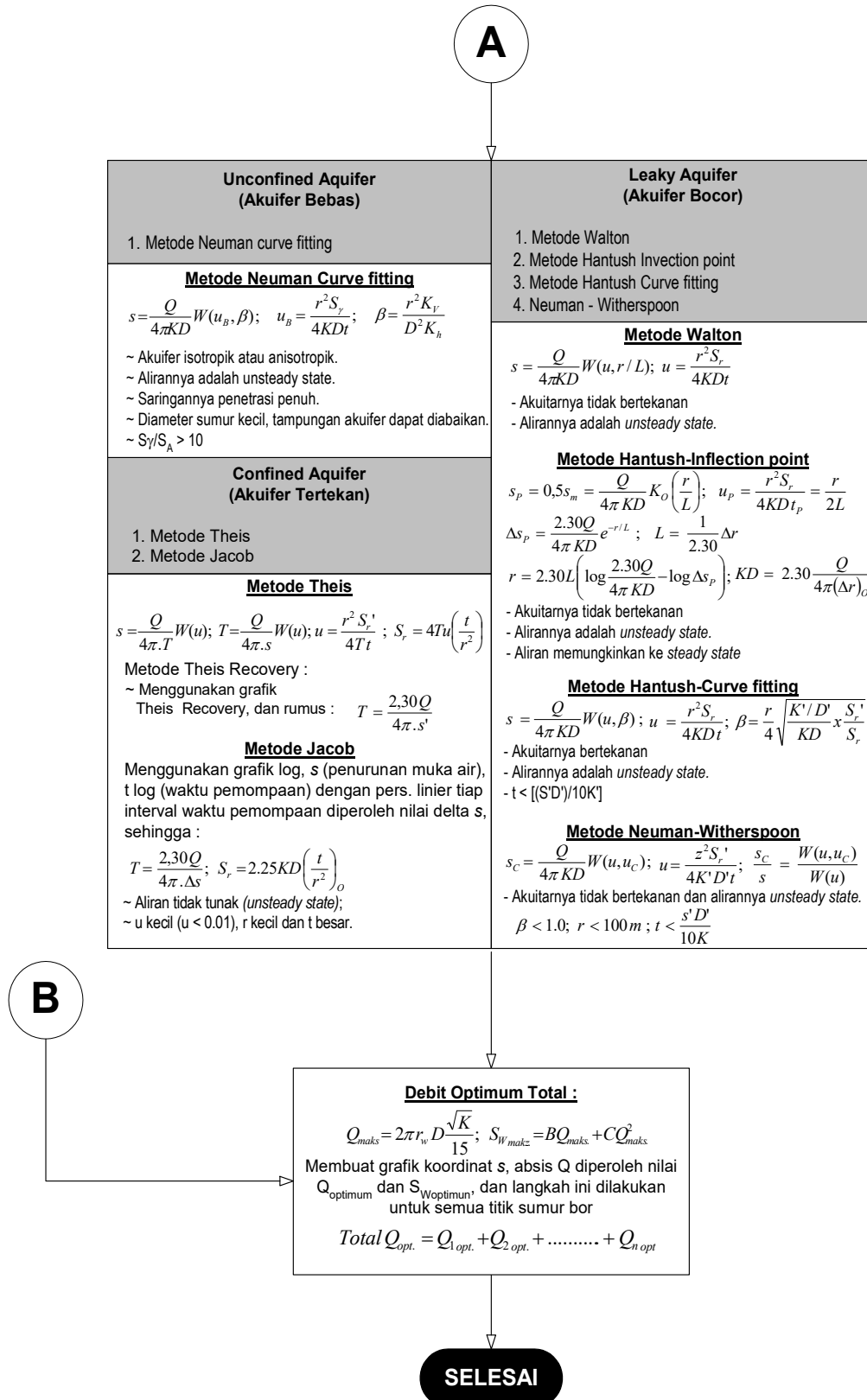
2.5 Diagram Alur



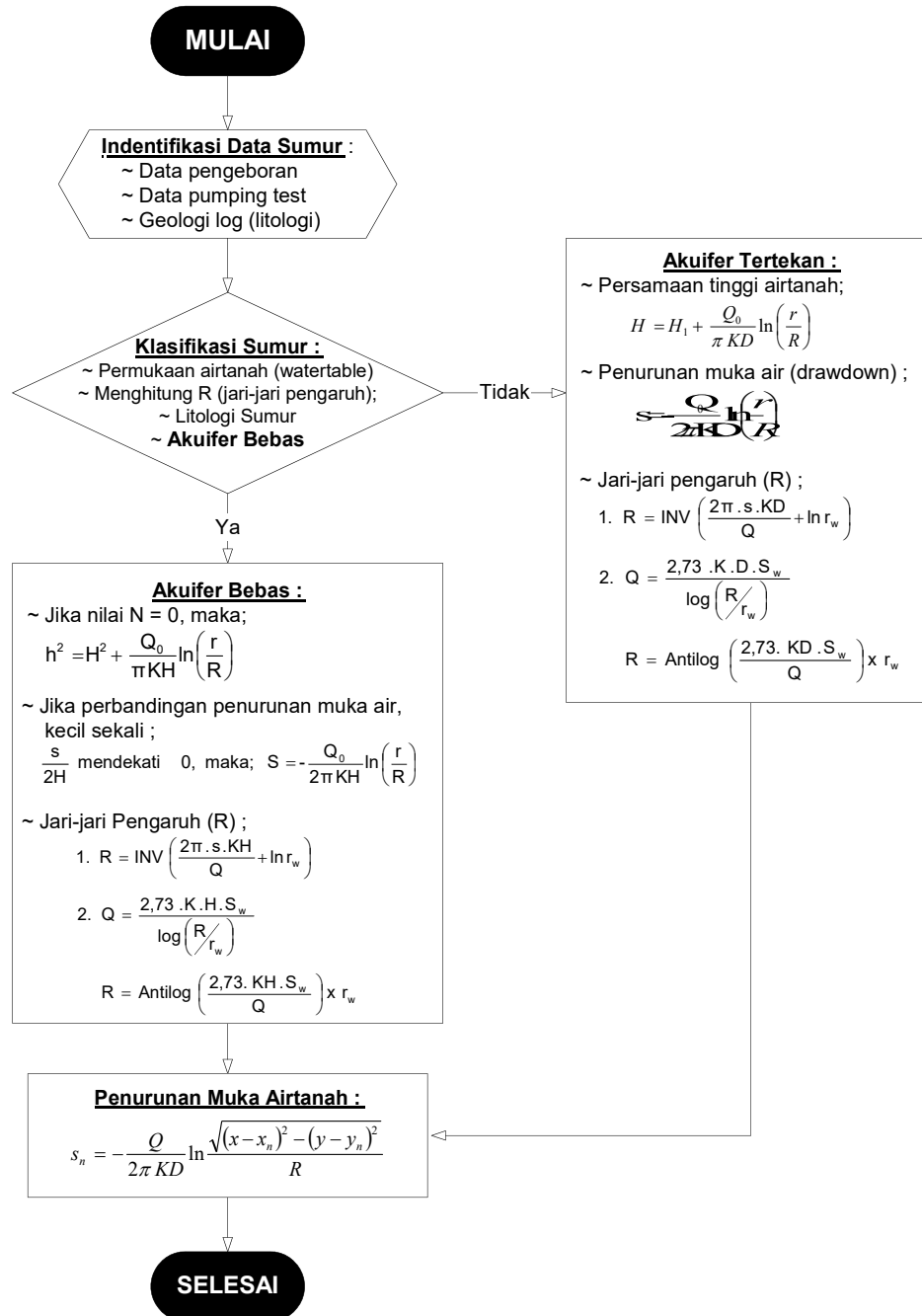
Gambar 2 Diagram alur *Groundwater Storage*



Gambar 3 Diagram alur analisis debit pemompaan



Gambar 4 Diagram alur analisis debit pemompaan (lanjutan)



Gambar 5 Diagram alur uji sumur

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Data Lapangan

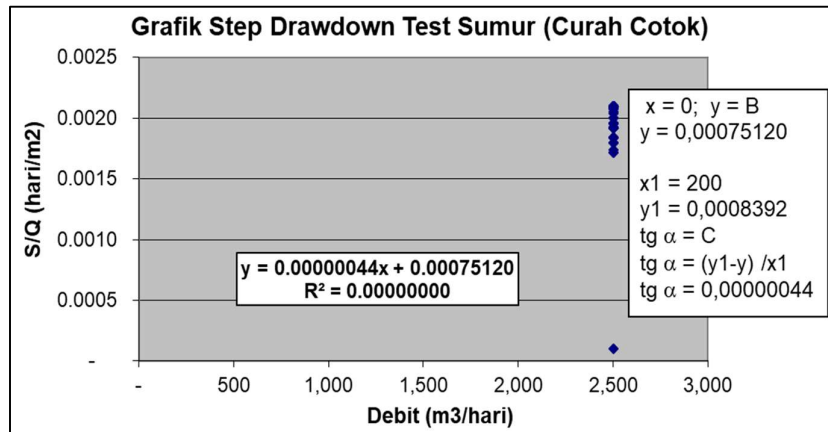
Berdasarkan hasil observasi lapangan yang berkaitan dengan data sekunder yang diperoleh, data-data tersebut meliputi;

1. Data lokasi sumur bor dalam di wilayah penelitian.
2. Data geologi log atau bor log yang menguraikan tentang jenis lapisan geologi sumur dari permukaan hingga dasar sumur bor (terlampir).
3. Data pelaksanaan konstruksi sumur yang menjelaskan tentang hal ihwal konstruksi sumur (terlampir).
4. Data pelaksanaan pumping test di lapangan.

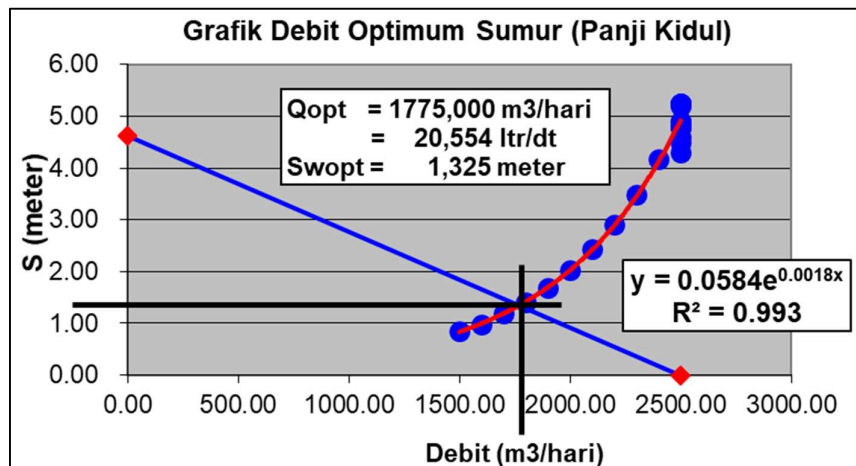
3.2 Uji Sumur (Well Test)

Berikut ini hasil analisis uji sumur (*well test*) yang telah dilakukan berdasarkan data lapangan yang diperoleh penulis. Berdasarkan data lapangan yang diperoleh tersebut selanjutnya dikembangkan menjadi data analisis yang digunakan meliputi;

- Interpretasi gambar bor log hasil pengeboran dan konstruksi sumur sesuai rancangan saringan (*screen*) untuk menentukan ketebalan akuifer terpakai.
- Menganalisis dan mengolah data hasil pumping test.
- Menyiapkan grafik normal (*Step drawdown test*) dengan absis debit dan ordinat s_w/Q untuk memperoleh nilai B dan C untuk menghitung nilai kehilangan tekanan pada akuifer (*Aquifer loss/BQ*) dan pada sumur (*well loss/CQ²*) seperti Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6 Grafik *step drawdown test*



Gambar 7 Grafik debit optimum

- Menghitung penurunan muka air total (S_w) = $BQ + CQ^2$
- Menghitung besarnya kapasitas jenis sumur (Sc) berdasarkan penurunan muka air total (S_w) sehingga $Sc = Q/S_w$
- Menghitung besarnya efisiensi pompa (Ep) berdasarkan penurunan muka air total (S_w) sehingga $Ep = (BQ/S_w) \times 100\%$
- Menentukan kondisi sumur bor berdasarkan nilai koefisien *well loss* (C)
- Menentukan kelas sumur berdasarkan nilai faktor pengembangan (Fd) = $(C/B) \times 100\%$
- Membuat grafik normal (Debit optimum) dengan absis debit pemompaan dan ordinat penurunan muka air selama pemompaan (s_w) sehingga diperoleh nilai debit optimum (Q_{opt}) dan penurunan muka air total optimum ($S_{w\ opt}$).

Tabel 4 Hasil pengujian sumur bor (*Well Test*)

| No. | No. Sumur Bor Lokasi | H kedalaman sumur (m) | Q_{max} (lir/dt) | | | S_w (m) | Q/S_w (m^2 /hari) | B ($hari/m^2$) | C (mm^2/m^5) | | | BQ | CQ^2 | Ep (%) | F_d ($hari/m^3$) | | | Q_{opt} (m^3 /hari) | S_{opt} (m) | R (jarak- pengaruh) (m) | Jarak minim (m) | |
|-----|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|---------|---------|--------------|---------------------------|---------------------|--------------------|---------|---------|-------|--------|-----------|----------------------|---------|-------|-----------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------|--------|
| | | | Pumping | Optimum | Operasi | | | | Nilai | Batasan | Kondisi | | | | Nilai | Batasan | Kelas | | | | | |
| | Sumur Curah Cotoh | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Panji Kidul Kec. Panji | 120.00 | 28.94 | 20.54 | 15.00 | 4.629 | 540.14 | 7.51E-04 | 4.40E-07 | <0,50 | B | 1.878 | 2.751 | 40.58 | 0.0686 | <0,10 | SB | 20.54 | 1.775.00 | 1.625 | 158.78 | 317.56 |
| | Kabupaten Situbondo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Sumber : Hasil Perhitungan

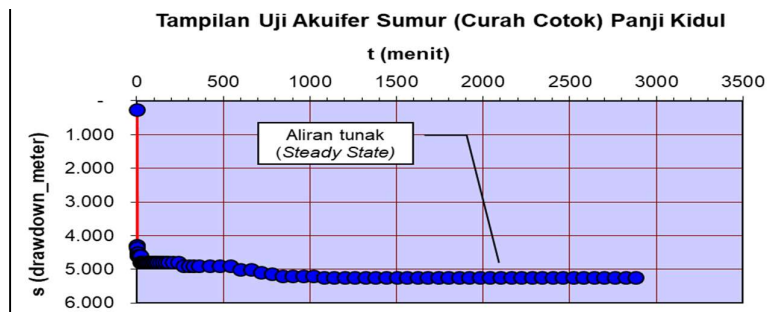
3.3 Uji Akuifer (*Aquifer Test*)

Berdasarkan data sekunder dan uji sumur yang dijelaskan di atas (Tabel 4), langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah melakukan pengujian akuifer (*aquifer test*). Uji akuifer bertujuan untuk menguji lapisan pembawa airnya agar diperoleh sifat hidraulis dari akuifer tersebut. Selain itu uji akuifer bertujuan untuk menetapkan jenis akuifer sebagai dasar dalam menetapkan hasil analisis, deskripsi geologi, debit yang diperoleh dan penurunan muka air sumur (*drawdown*). Dalam hal ini sesuai dengan batasan masalah dalam uji akuifer hanya untuk jenis aliran tertekan (*confined* dan *leaky aquifer*).

Sifat-sifat hidraulis suatu akuifer yang ingin diketahui adalah nilai transivisiitas akuifer (T), koefisien kelulusan air atau permeabilitas lapisan (K) dan koefisien daya tampung atau storativiti (Sr). Metode yang digunakan dalam uji akuifer ini adalah metode *Long Period Test* dengan analisis menyesuaikan jenis aliran dalam sumur baik tunak (*steady state flow*) maupun tidak tunak (*unsteady state flow*).

Langkah-langkah yang harus dilakukan pada uji akuifer adalah sebagai berikut;

- Membuat grafik normal Tampilan Uji Akuifer (*Performance Aquifer Test*) seperti Gambar 8 dengan absis waktu pemompaan (t = menit) dan ordinat penurunan muka air (s_w) berfungsi untuk menentukan tipe aliran dalam sumur (*Unsteady* atau *Steady state flow*)
-

**Gambar 8** Grafik tampilan akuifer sumur

- Menentukan ketebalan akuifer (D) dan ketebalan akuitar bagian atas (D') sesuai data sekunder yang diperoleh.
- Menentukan nilai koefisien kelulusan air (K) dari akuifer dan nilai koefisien kelulusan dari akuitar bagian atas (K') berdasarkan data litologi lapisan dari hasil bor log yang kemudian disesuaikan dengan tabel nilai K seperti Tabel 5.

Tabel 5 Permeabilitas & karakteristik drainasi lapisan tanah (Terzaghi et. al, 1996)

| Permeability (m/s) | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|-----------|---|-----------|-----------|--|-----------|-----------|------------------------|-----------|---|------------|--|
| | 10^0 | 10^{-1} | 10^{-2} | 10^{-3} | 10^{-4} | 10^{-5} | 10^{-6} | 10^{-7} | 10^{-8} | 10^{-9} | 10^{-10} | 10^{-11} | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| Drainage | Good | | | | | | Poor | | Practically impervious | | | | |
| Soil Types | Clean gravel | | Clean sands, clean sand & gravel mixtures | | | Very fine sands, organic & inorganic silts, mixtures of sand silt & clay, glacial till, stratified clay deposits, etc. | | | | | Impervious soils e.g., homogeneous clays below zone of weathering | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | "Impervious" soils modified by effects of vegetation & weathering | | | | | | | |

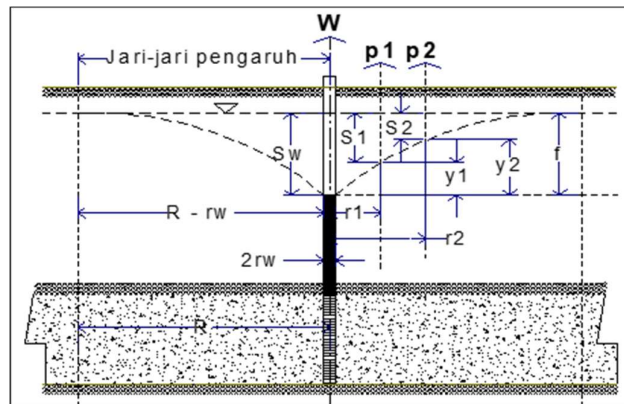
- e. Menentukan besarnya jari-jari sumur (r_w) yang terpasang dengan dinding permanen (*casing*) sesuai data konstruksi (rks).
- f. Menganalisis besarnya jari-jari pengaruh pemompaan akuifer (R) berdasarkan debit pemompaan tertinggi dari hasil data *pumping test* dengan rumus-rumus Persamaan 1 dan Persamaan 2.

$$\begin{aligned}
 1. R &= \text{INV} \left(\frac{2\pi \cdot s \cdot KD}{Q} + \ln r_w \right) \\
 2. Q &= \frac{2,73 \cdot K \cdot D \cdot S_w}{\log(Rr_w)} ; \\
 R &= \text{Antilog} \left(\frac{2,73 \cdot KD \cdot S_w}{Q} \right) \times r_w
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 1. R &= \text{INV} \left(\frac{2\pi \cdot s \cdot KD}{Q} + \ln r_w \right) \\
 2. Q &= \frac{2,73 \cdot K \cdot D \cdot S_w}{\log(Rr_w)} ; \\
 R &= \text{Antilog} \left(\frac{2,73 \cdot KD \cdot S_w}{Q} \right) \times r_w
 \end{aligned} \tag{2}$$

Dari dua persamaan di atas digunakan nilai terbesar sebagai dasar perhitungan selanjutnya.

- g. Dikarenakan data yang tersedia tidak ada satu pun yang menyertakan uji *pumping test* dengan sumur pantau, maka untuk dapat menganalisis uji akuifer selanjutnya harus ada titik sumur pantau sehingga dalam hal ini penulis membuat sumur pantau asumsi dengan jarak tertentu. Dikarenakan sifat penurunan muka air tanah akibat pemompaan (*cone depression*) cenderung membuat kerucut dan dibatasi oleh jari-jari pengaruh (R) maka selanjutnya asumsi pirometernya adalah dengan menggunakan dasar perumusan parabolik seperti Gambar 9 dan Persamaan 3.



Gambar 9 Dasar analisis sumur pantau asumsi

$$\begin{aligned}
 S_w &\Leftrightarrow Q_w \\
 S_1 &\Leftrightarrow Q_w \text{ -----} \rightarrow S_1 = S_w - y_1 \\
 S_2 &\Leftrightarrow Q_w \text{ -----} \rightarrow S_2 = S_w - y_2 \\
 y &= \frac{4fx(L-x)}{L^2} = \frac{4S_w r_n (2R - 2r_w - r_n)}{(2R - 2r_w)^2}
 \end{aligned} \tag{3}$$

$$S_n = S_w - y_n = S_w - \frac{4S_w r_n (2R - 2r_w - r_n)}{(2R - 2r_w)^2}$$

- h. Menentukan jenis akuifer sesuai dengan grafik *performance aquifer* dari sumur bor.
- i. Menetapkan jarak sumur pantau fiktif (r) sebagai dasar acuan perhitungan.

- j. Menghitung nilai $c = D'/K'$ dan nilai $L = \sqrt{K' \cdot D' \cdot c}$; sehingga diperoleh nilai L dan r/L sebagai dasar batasan untuk menentukan metode yang dipakai.
- k. Urutan data perhitungan seperti contoh pada *head table* berikut ini :
- l. Selanjutnya seperti hasil perhitungan dan grafik pada sub bagian hasil perhitungan.

3.4 Hasil Perhitungan dan Klasifikasi Jenis Aliran

Berdasarkan hasil perhitungan dan grafik *Performance Aquifer* diperoleh klasifikasi jenis aliran sumur dalam, sehingga selanjutnya dapat ditentukan metode analisis yang hendak dipakai sesuai jenis alirannya. Jenis-jenis alirannya adalah seperti grafik dan hasil perhitungan. Selanjutnya seluruh hasil perhitungan uji akuifer (*Akuifer Test*) dapat ditabelkan seperti pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil analisis uji akuifer (*Aquifer test*)

| No. | No. Sumur Bor Lokasi | Jenis Aliran | Tipe Akuifer | Metode Analisis | Q _{max} (ltr/dt) | | | R (meter) | Asumsi r _i (meter) | r _w (meter) | D (meter) | K (m/hari) | T (m ² /hari) | S _r (storativity) | Drawdown (m) | |
|-----|-------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|---------------------------|---------|---------|--------------|----------------------------------|---------------------------|--------------|---------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------|-------|
| | | | | | Pumping | Optimum | Operasi | | | | | | | | S _w | s |
| 1 | Sumur Curah Cotok | | | | 28.94 | 20.54 | 15.00 | 158.78 | 50.00 | 0.0762 | 40.00 | | | | 4.63 | 1.625 |
| | Desa Panji Kidul | Steady | Confined | Thiem | | | | | | | | 26.244 | 1,049.762 | 1.8896 | | 2.172 |
| | Kec. Panji STB | state | Leaky | De Glee | | | | | | | | 16.416 | 656.640 | 1.1820 | | 1.810 |

Sumber : Hasil Perhitungan

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini ada dua kesimpulan yang diperoleh yaitu;

1. Hasil analisis data sumur bor berdasarkan data pumping test di Curah Cotok desa Panji Kidul mempunyai tipe aliran tunak dengan potensi akuifer hingga mencapai (Q_p) 28,94 ltr/dtk atau sebesar 2.500,42 m³/hr.
2. Berdasarkan analisis potensi Debit optimum (Q_{opt.}) yang tersedia sebesar 20,544 ltr/dtk atau sebesar 1.775,00 m³/hr.
3. Pada kondisi pemompaan dengan debit maksimum 28,94 ltr/dtk, penurunan muka air tanah yang terjadi sebesar (S_w) 4,629 m, sedangkan pada kondisi debit optimum penurunan muka air tanah yang terjadi (S_{opt}) adalah sebesar 1,625 m.
4. Berdasarkan hasil analisis kondisi sumur mempunyai nilai koefisien well loss (C) < 0,50 artinya kondisi sumur Baik, sedangkan kelas sumur mempunyai nilai (Fd) < 0,10 artinya sumur mempunyai kelas yang sangat baik.
5. Hasil analisis secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa sumur Curah Cotok sangat baik potensinya berdasarkan analisis yang telah dilakukan, sementara operasi masih di bawah nilai debit optimum, sehingga dapat dikatakan aman dari segi potensi airnya.
6. Langkah-langkah yang harus dilakukan terkait pengelolaan air tanah dan konservasinya adalah dengan menjaga kelestarian lingkungan dan mengendalikan eksplorasi air tanah dengan tidak berlebih-lebihan serta memperhatikan pengaruh pemompaan dan penurunan muka air tanah, salah satunya adalah menentukan jarak minimum antar titik sumur dalam.
7. Besarnya jarak minimum ditentukan dengan debit dan jari-jari pengaruh pemompaan sumur terdekat yang ada dengan ketentuan bahwa debit yang direncanakan tidak melebihi debit sumur terdekat yang sudah beroperasi, sehingga pada lokasi studi masih memungkinkan penambahan sumur akan tetapi kaidah jarak minimum tetap harus diperhatikan.

Daftar Notasi

- Q : Debit pemompaan (ltr/dt; m³/dt)
 Q_{opt} : Debit optimum (ltr/dt; m³/dt)
 S_w : Penurunan muka air tanah akibat pemompaan (*drawdown*), m.
 K : Koefisien permeabilitas (m/dt)
 D : Ketebalan akuifer (m)

| | |
|----------------|--|
| B | : Koefisien <i>aquifer loss</i> |
| C | : Koefisien <i>well loss</i> |
| Ep | : $(BQ/S_w) \times 100\%$; Efisiensi pemompaan |
| Fd | : $(C/B) \times 100\%$, (hr/m ³); Faktor pengembangan (<i>development factor</i>) |
| T | : Transivisitas (m ² /hr) |
| S _r | : Storativity |
| r _w | : Jari-jari sumur (m) |
| R | : Jari-jari pengaruh (m) |
| B | : Baik |
| SB | : Sangat Baik |

Referensi

- [1] Abduh, Moh., 2012, Studi Kapasitas Debit Air tanah Pada Akuifer Tertekan di Kota Malang, Jurnal Teknik Pengairan, ISSN: 2086-1761, Vol. 3, No. 1, Pp. 71-80, 2012.
- [2] Anderson, M.P. and Woessner, W.W. Applied Groundwater Modeling- Simulation of Flow and Advective Transport. Academic Press, Inc., San Diego, CA, Pp. 381, 1992.
- [3] Bisri, Mohammad, Prof. Dr. Ir. MS, Air tanah, Tirta Media, UB Malang, 2010.
- [4] Boonstra, J., Well Hydraulic and Aquifer Test, International Institute for Land Reclamation and Improvement The Netherlands, 1999.
- [5] Bruin, Jack and Hudson, Jr, HE, Selected Methods for Pumping Test Analysis, State of Illionis, USA, 1961.
- [6] DeFosset, Kevin L. and Richards Christopher J., Analysis of Sand and Gravel Aquifer Pump Test, Wright Landfill, Okaloosa County, Florida, 2003.
- [7] Dingman, SL., Physical Hydrology, 2nd Edition, Upper Saddler River, New Jersey, Prentice Hall, 2002.
- [8] Gregg, Neil, Water Resources Management, Principles, Regulation and Cases, MC Graw Hill, 1996.
- [9] Hindarko, S., Memanfaatkan Air tanah Tanpa Merusak Kelestariannya, Penerbit Esha, Jakarta, 2002.
- [10] Terzaghi, K., Peck, R. B., and Mesri, G., Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York, 1996.